

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Körperschallmessungen zur  
Zustandsbeurteilung von Wälzlagern in  
Maschinen und Anlagen

VDI 3832

Measurement of structure-borne sound of  
rolling element bearings in machines and  
plants for evaluation of condition

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	3	Preliminary note . . . . .	3
Einleitung . . . . .	3	Introduction . . . . .	3
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2 Begriffe . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3 Formelzeichen . . . . .</b>	<b>8</b>	<b>3 Symbols. . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4 Betrieb von Wälzlagern in Maschinen. . . . .</b>	<b>9</b>	<b>4 Operation of rolling element bearings in machines. . . . .</b>	<b>9</b>
4.1 Allgemeines Betriebsverhalten von Wälzlagern . . . . .	9	4.1 General operational characteristics of rolling element bearings . . . . .	9
4.2 Auslegungs-, Montage- und Betriebsfehler von Wälzlagerungen . . . . .	13	4.2 Design, installation, and operational faults in rolling element bearing systems . . . . .	13
4.3 Maschinenfehler als Ursache von Wälzlagerfehlern . . . . .	13	4.3 Machine faults as cause of rolling element bearing faults . . . . .	13
4.4 Schadensarten an Wälzlagern. . . . .	14	4.4 Types of damage in rolling element bearings . . . . .	14
<b>5 Körperschallanregung und Körperschallübertragung . . . . .</b>	<b>15</b>	<b>5 Excitation and transmission of structure-borne sound . . . . .</b>	<b>15</b>
5.1 Wälzlagerinduzierte Körperschallanregung . . . . .	15	5.1 Rolling element bearing-induced structure-borne sound excitation . . . . .	15
5.2 Wälzlagerfremde Körperschallanregung . . . . .	18	5.2 Structure-borne sound excitation originating outside the rolling element bearing. . . . .	18
5.3 Körperschallübertragung bis zum Aufnehmer am Messort . . . . .	18	5.3 Transmission of structure-borne sound as far as the transducer at the measuring position . . . . .	18
<b>6 Wälzlagerkinematik . . . . .</b>	<b>20</b>	<b>6 Kinematics of rolling element bearings. . . . .</b>	<b>20</b>
6.1 Allgemeines . . . . .	20	6.1 General comments . . . . .	20
6.2 Exakte Berechnung mit genauen Ausgangsdaten . . . . .	20	6.2 Exact calculation with precise starting data. . . . .	20
6.3 Vereinfachte Berechnung mit messbaren geometrischen Abmessungen . . . . .	22	6.3 Simplified calculation using measurable geometrical dimensions. . . . .	22
6.4 Abschätzung ohne geometrische Abmessungen . . . . .	22	6.4 Estimation without geometrical dimensions . . . . .	22

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

	Seite		Page
<b>7 Körperschallmessung und Signalverarbeitung</b> . . . . .	23	<b>7 Structure-borne sound measurement and signal processing</b> . . . . .	23
7.1 Übersicht . . . . .	23	7.1 Overview . . . . .	23
7.2 Auswahl der Aufnehmer und der Aufnehmerankopplung . . . . .	24	7.2 Selection of transducers and transducer coupling . . . . .	24
7.3 Einfluss- und Störgrößen bei der Messung . . . . .	25	7.3 Influencing and disturbing variables in measurement . . . . .	25
7.4 Bildung des Körperschallsignals . . . . .	26	7.4 Formation of the structure-borne sound signal . . . . .	26
7.5 Signalanalyse und Signaldarstellung . . . . .	28	7.5 Signal analysis and signal plot . . . . .	28
7.6 Mittelung von breitbandigen Kennwerten . . . . .	28	7.6 Averaging broadband characteristic values . . . . .	28
7.7 Mittelung von Spektren . . . . .	29	7.7 Averaging spectra . . . . .	29
7.8 Hüllkurvenbildung und Hüllkurvenspektren . . . . .	30	7.8 Envelope curve formation and envelope curve spectra . . . . .	30
7.9 Interpretation von Zeitsignalen und Spektren . . . . .	34	7.9 Interpretation of time signals and spectra . . . . .	34
<b>8 Kenngrößen zur Zustandsbeurteilung</b> . . . . .	40	<b>8 Characteristic variables for condition assessment</b> . . . . .	40
8.1 Übersicht . . . . .	40	8.1 Overview . . . . .	40
8.2 Breitbandig diagnostizierbare Kenngrößen . . . . .	41	8.2 Characteristic variables capable of broadband diagnosis . . . . .	41
8.3 Schmalbandig diagnostizierbare (frequenzselektive) Kennwerte . . . . .	50	8.3 (Frequency-selective) characteristic values capable of narrowband diagnosis . . . . .	50
<b>9 Allgemeine Empfehlungen zur Signalgewinnung und Signalbewertung</b> . . . . .	51	<b>9 General recommendations on signal capture and signal evaluation</b> . . . . .	51
<b>10 Bewertungsstufen – Schadensausmaß</b> . . . . .	53	<b>10 Evaluation stages: extent of damage</b> . . . . .	53
<b>11 Trendüberwachung</b> . . . . .	56	<b>11 Trend monitoring</b> . . . . .	56
11.1 Überwachungskenngrößen . . . . .	56	11.1 Monitoring characteristic values . . . . .	56
11.2 Überwachungsintervalle . . . . .	58	11.2 Monitoring intervals . . . . .	58
11.3 Trendüberwachungssysteme . . . . .	58	11.3 Trend monitoring systems . . . . .	58
11.4 Einstellung von Alarmgrenzen . . . . .	60	11.4 Setting alarm limits . . . . .	60
<b>Anhang A</b> Häufig auftretende Fehler bei Wälzlagerungen . . . . .	62	<b>Annex A</b> Frequently occurring faults in rolling element bearings . . . . .	63
<b>Anhang B</b> Gebrauchsspuren und Schadensarten an Wälzlagern . . . . .	64	<b>Annex B</b> Signs of wear and types of damages in rolling element bearings . . . . .	65
<b>Anhang C</b> Diagnose einfacher und komplexer Wälzlagerungen . . . . .	66	<b>Annex C</b> Diagnosis of simple and complex rolling element bearing systems . . . . .	66
Schrifttum . . . . .	67	Bibliography . . . . .	67
Benennungsindex englisch/deutsch . . . . .	68	Term index English/German . . . . .	68

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

## Einleitung

In dieser Richtlinie werden Hinweise und Empfehlungen zur Ausführung, Auswertung und Bewertung von Körperschallmessungen gegeben, die zur Diagnose des Betriebszustands von Wälzlagern in laufenden Maschinen von Anlagen dienen sollen. Sie wendet sich in erster Linie an die Hersteller und an die Betreiber von wälzgelagerten Maschinen, an deren Montage-, Wartungs- und Betriebspersonal. Die Empfehlungen gründen sich auf langjährige Erfahrungen eines breiten Kreises von Fachleuten auf dem Gebiet der Wälzlagendiagnose. In der Richtlinie werden die vielfach eingesetzten und anerkannten Verfahren zur Körperschallmessung und Zustandsdiagnose behandelt. Für spezielle und besonders für die hier nicht behandelten Einsatzfälle und Betriebsbedingungen können aber auch andere, hier nicht behandelte Verfahren eingesetzt werden.

## 1 Anwendungsbereich

Wälzlager sind hochbelastete Bauteile in Maschinen, die beim Auftreten von Fehlern oder Schäden im Lager zum vorzeitigen Ausfall der Maschine und zu kostspieligen Folgeschäden führen können. Ziel der in dieser Richtlinie behandelten Diagnosetechniken ist das frühzeitige Erkennen von Zuständen im Wälzlager, die zu Funktionsstörungen bis hin zum Ausfall des Wälzlagers vor dem Erreichen der projektierten Lebensdauer führen können.

Diese Richtlinie beschäftigt sich mit den Wälzlagern für die rotierenden Bauteile in Kraft- und Arbeitsmaschinen und für Kraftübertragungselemente von Maschinensätzen und Aggregaten. Sie gilt vorwiegend

## Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

## Introduction

This guideline provides information and recommendations about carrying out, analyzing and evaluating structure-borne sound measurements which are intended to be useful in the diagnosis of the operating condition of rolling element bearings in running machines in plants. It is primarily directed at the manufacturers and operators of machinery equipped with rolling element bearings and also at installation, maintenance and operating personnel. Our recommendations are based on the many years of experience accumulated by a wide circle of specialists in the field of rolling element bearings diagnostics. The guideline will deal with the wide variety of applied and recognized methods commonly used for measuring structure-borne sound and for condition diagnostics. For special cases and especially for those cases and operating conditions not covered here it is however also possible to employ methods and techniques not dealt with in this guideline.

## 1 Scope

Rolling element bearings are highly loaded components in machines which, if faults or damages occur in the bearing, could result in premature failure of the machine and expensive consequential damage. The diagnostic techniques which form the subject of this guideline aim at detecting at any early stage those states of the rolling element bearings which could result in functional problems up to and including failure of the rolling element bearing before it comes to the end of its planned life time duration.

This guideline is concerned with rolling element bearings not only for rotating components in driving and driven machines but also for power transmission elements in machine sets and power units. It applies

für Wälzlagerungen in stationären Anlagen und für die im Betrieb und die an Wälzlagern auftretenden Fehler und Schäden. Bei Wälzlagerungen in Fahrzeugen und fahrenden Anlagen können zusätzliche Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen von außen auftreten. Diese werden hier nicht behandelt. Ausgeschlossen sind auch Messungen in Prüfständen zur Untersuchung von Wälzlagern. Hierzu finden sich ausführliche Anleitungen in DIN 5426-1 und DIN ISO 15 242-1 und DIN ISO 15 242-2. Die darin beschriebenen Messverfahren setzen definierte Last- und Einspannbedingungen der Wälzlager voraus. Die Prüfanordnung, die Messbedingungen und die Art der Ankopplung der Aufnehmer wird vorgeschrieben und entspricht nicht den Anforderungen, die sich für die in Maschinen eingebaute Wälzlager ergeben.

Diese Richtlinie ergänzt die üblichen Schwingungsmessungen an Maschinen nach denjenigen Verfahren, die in den Normen der Serie DIN ISO 10 816 beschrieben sind und den Zustand der gesamten Maschine und deren Bauteile im Frequenzbereich bis ca. 1 kHz erfassen. In einem informativen Anhang E empfiehlt DIN ISO 10 816-1 auch Körperschallmessungen zur Zustandsüberwachung und -diagnose der Wälzlager. Diese sollten nach der vorliegenden Richtlinie durchgeführt, ausgewertet und beurteilt werden. Derartige Körperschallmessungen werden sowohl bei Abnahmemessungen nach Fertigung und Montage von Maschinen und Aggregaten als auch vor oder nach Reparaturen ausgeführt. Die hier beschriebene Wälzlagerdiagnose erfasst den bei Abroll-, Reib- und Stoßvorgängen an Bauteilen des Wälzlagers erzeugten Körperschall bis in den Frequenzbereich von 20 kHz und mehr.

Diese Richtlinie gilt für Wälzlagerungen mit Drehzahlen über 120 Umdrehungen pro Minute. Sie gilt für ein- und mehrreihige Kugel-, Rollen- und Pendelrollenlager. Für Nadellager sind aufgrund des niedrigen Körperschallpegels besondere Erfahrungen für die Messung und Beurteilung erforderlich.

Für Lagerungen mit niedrigeren Drehzahlen (Langsamstläufer) sind zusätzliche, weitergehende Messverfahren und spezielle Erfahrungen nötig, auf die hier nicht eingegangen wird.

Bei der Diagnose wird im Folgenden prinzipiell zwischen einfachen und komplexen Wälzlagerungen unterschieden. Eine Übersicht der Merkmale dieser

primarily to rolling element bearing applications in stationary plants and to those causes of damage which occur during normal operation. As regards rolling element bearing applications in vehicles and mobile installations, there can occur additional effects from vibration and structure-borne sound entering from the outside. This guideline will not deal with these effects nor with measurements taken at test rigs for examining rolling element bearings. Detailed information about the latter may be found in DIN 5426-1 and DIN ISO 15 242-1 and DIN ISO 15 242-2. The measurement procedures they described call for the rolling element bearings to be loaded and clamped under defined conditions. The test arrangement, measurement conditions and the way transducers are connected are defined requirements and do not correspond to the requirements applicable to in machine assembled rolling element bearings.

This guideline supplements the usual vibration measurements of machines with those methods which are described in the DIN ISO 10816 Series of Standards and which cover the state of the entire machine and its components in the frequency range extending up to around 1 kHz. In its informative Annex E, DIN ISO 10816-1 recommends that measurements of structure-borne sound also be taken in order to monitor and diagnose the condition of the rolling element bearings. Such measurements should be taken, appraised and evaluated on the basis of the present guideline. Structure-borne sound measurements of this kind are taken not only during acceptance measurements following the assembly and installation of machines and power units but also before or after repair work. The rolling element bearing diagnostics described here covers the structure-borne sound generated during rolling, frictional and shock-related events in the various components of the rolling element bearing and which extends into and above the frequency range of 20 kHz.

This guideline applies to rolling element bearings running at speeds higher than 120 revolutions per minute. It applies to single- and multiple-row ball, rolling element and self-aligning roller bearings. Special practical experiences are necessary for measurement and evaluation in the case of needle-roller bearings on account of the low structure-borne sound level.

Applications with bearings running at slower speeds (very low speed engines) will require additional, more extended measurement procedures and special practical experience which cannot be covered here.

Basically in what follows a distinction will be drawn in diagnostics between simple and complex rolling element bearings. An overview of features of this

Einteilung zeigt Anhang C. Das kann sich sowohl auf die konstruktive Gestaltung als auch auf die Schwingungs- und Körperschallanregung beziehen. **Einfache Wälzlagerungen** finden sich bei zweifach gelagerten Rotoren mit geringer Exzentrizität. In der Nähe des zu überwachenden Lagers oder am Rotor liegen keine energieintensiven zusätzlichen Körperschallquellen. Beispiele einfacher Wälzlagerungen sind solche in körperschallarmen Ventilatoren und Gebläsen, in Elektromotoren, in Pumpen sowie in Bandtrommeln.

Bei **komplexen Wälzlagerungen** befinden sich auf der rotierenden Welle oder integriert im Gehäuse zusätzliche und dominante wälzlagerfremde Körperschallquellen, auch Lagerungen mit drei und mehr Lagerstellen zählen dazu. Komplexe Körperschallanregungen ergeben sich weiterhin bei Maschinen mit translatorisch oder exzentrisch laufenden, angekoppelten Bauteilen, bei Stoß- und Reibpaarungen und bei großen Exzentrizitäten. Beispiele sind Kolbenmaschinen, Zahnradgetriebe, Schraubenverdichter und Reibwalzen.

classification shows Annex C. This can relate not only to the constructional design but also to vibration excitation and structure-borne sound excitation. **Simple rolling element bearing systems** are found in rotors with low eccentricity running in two bearings. There are no energy-intensive additional sources of structure-borne sound either close to the bearing which is to be monitored or at the rotor. Examples of simple rolling element bearing systems include those in fans and blowers with a low level of structure-borne sound, in electric motors, in pumps, and in conveyor pulleys.

In the case of **complex rolling element bearing systems**, either on the rotating shaft or integrated in the housing there are additional and dominating sources of structure-borne sound outside the rolling element bearing. Bearing systems with three or more bearing positions can be included here. Complex excitations of structure-borne sound occur furthermore in machines with connected components running translatorily or eccentrically, in shock and friction partners, and when high eccentricities obtain. Examples include reciprocating machines, gear trains, screw compressors and friction rollers.